# 精準農業之農田變異管理簡介

**行政院農業委員會農業試驗所　楊純明**

## 壹、前言

**人類經過一段長期實際耕作加上經驗累積與技術改良，為求其操作便利性及省時省力考量，對於同一塊農田多採用一致性**(uniform)**的耕犁、施肥、播種與病蟲害管理等農場作業，也因此忽略了天然和人為連續性處理引起農田各定點的時空變異。經年累月下來，遂造成諸如土壤營養元素不均衡、酸鹼值改變、人造化學品殘毒累積、及化學毒物滲流與排放等土壤與環境問題，且由於土質日益劣化而不利於農作生產**(**楊，**2000)**。自二十世紀末起環保意識與農業永續理念抬頭，精準農業作法亦因運而起，並迅速、廣泛的受到世界各地重視，而逐漸形成較為完整的理論與作業系統。**

**精準農業**(precision agriculture, PA)**係一新興現代化農業應用科技，希望對於農田之土壤與農作物施予最妥適管理，提供同步提升作物生產、品質及環境保護機會以達到永續精準管理農業系統之目的（**Pierce and Nowak，1999**）。雖然精準農業體系之發展歷史迄今僅約二十年，其瞭解與解決農田**(**土壤與農作物**)**時空變異的想法和作法則融合了多元學術領域與技術，將資訊**(information)**、科技**(technology)**、及經營管理**(management)**等三項因子彙融成一體**(**楊，**2000)**，形成包容特定農田管理與決策支援系統**(site-specific management & decision support system)**、遙測與監視系統**(remote sensing and spatial monitoring system)**、差異性農機作業系統**(differential action system)**、及農場經營管理系統**(farm management system)**等四種統合型科技在內的一複雜農耕作業體系。**

**由於各地發展精準農業的歷程並不相同，各以不同的認知定義出各樣的名詞，如精準農耕**(precision farming, PF)**、特定地點農耕**(site-specific farming, SSF)**、處方式農耕**(prescription farming, PF)**、變異率應用技術**(variable rate application technology, VRAT)**等均散見於文獻中。究竟何謂精準農業呢**? **顧名思義乃指對於農田各定點之土壤與農作物施予最適切處置的農耕作法，中心思想就是管理農田的空間變異**(spatial variability)**、時間變異**(temporal variability)**及預期變異**(predictive variability)**等三大類。農田的空間變異可以由橫跨農田的土壤與作物之差異分佈實際呈現，時間變異能夠從生育進展及歷年表現之差距評估高低，**

而預期變異則可由預定值(predicted value)與實測值(actual value)間比較區分出歧異層級。惟各地農田狀況與遭遇問題不一，因此各方依其操作目的研發滿足獨特需求的作業系統，複雜度與困難度各具特色。

## 貳、精準農業內涵

固然所欲解決的問題或不相同，精準農業的內涵(或稱作業程序)則大同小異，依循類似的準則。首先是觀測特定農田狀態，也就是觀察和調查農作物與土壤的變異情形；其二是評估環境對農作物的衝擊，包括氣象、土壤、天然與人為災害(逆境)等造成的正、負面影響；其三是判斷農田整體表現，綜合現狀觀測及決策支援系統剖析做出對農作物與土壤的診斷結果；其四是提出因應對策，針對農田各定點做出及時而有效的對應處理措施與策略。上述作為均以配合各定點作物與土壤的實際需求及兼顧環保平衡為原則，而以維持穩定的農作物生產、高品質收穫物及農田永續經營為主要目的。

對於實施精準農業的特定農田，通常會需要一些前置作業以求取較佳管理作業結果。首要步驟是收集與建立該農田(地)的基本資料庫，如進行播種前的土壤取樣，以獲取該農田土壤肥力之空間分佈圖及其他土壤特性資料，俾利基肥施用和後續追肥參考。又如收集分析該農田前期甚至於歷年產量空間分佈資料亦頗具意義，不僅提供該農田之生產潛力與變異區間，更說明了當地農田肥力與環境變異對產量的可能影響。此外，預先規劃農作物與土壤即時資訊的觀測方法也十分重要，栽植期間作物與土壤的觀測可使生產者瞭解作物生長及土壤肥力之時空變化趨勢，收穫時作物產量與土壤的觀測則解釋了農作物生產的因果關係，並描繪出環境的交感效應。而當加上精準農業的管理後，則展示了差異性處理的最終成效，呈現栽植期間和收穫時的效率與效能。

實施精準農業預期至少具有六種可能成效(單一或多種)，如(1)提高產量與品質、(2)供給各相關資訊而改進作物與土壤之經營管理決策、(3)改善農藥與肥料施用效率而減輕資材及費用的支出、(4)提供更準確的農場管理紀錄、(5)降低環境污染、及(6)增加整體農耕效益。實施精準農業並不以追求最大產量為主要目標，而係在不惡化環境前題下經由減少非必要資材(源)投入、降低環境污染及穩定生產與品質來獲取最高整體農耕(作)效益，潛藏農業永續的宏遠價值觀。

## 參、實施步驟—農田之變異管理

由上述闡述可知精準農業就是要管理農田的空間變異、時間變異及預期變異，所以其基本實施對象與步驟，包括有農作物性狀變異及土壤變異之觀測、判斷與調控，以下將介紹如何精準管理相關變異。

## 一、農作物特性與變異管理

農作物特性之時空變異源自於生育進展、環境改變、天然災害及人為處理等因素，可經由外觀物理徵狀及產量等性狀變化觀測比較之。舉例言，吾人可由植被覆蓋比例獲得農作物生長的時空變異；當某項病害發生時，可從葉片或莖稈外觀顏色、斑點等的有無及多寡顯示危害程度與範圍的時空變化。針對這些性狀之空間分佈，吾人將可給予及時的差異性處理，排除農田各定點之限制因子。

農作物特性之觀測與追蹤以遙測方式為佳，提供即時而全面的生長狀況，成為當時判斷及處理之依據，可靠性與準確度均較佳。人為目測及取樣調查是不適用於精準農業的，因為它無法獲得大片農地的真實景況及空間變異分佈，也無以符合精準管理的時效要求。惟遙測技術多係採用相對比較方式來區別變異種類和等級高低，必須先建立各種性狀之基礎曲線才能據以區分與比較差異。然而不同逆境或災害對不同作物各有特定的影響，性狀表現自然有別，因此必須建立完整且豐富的資料庫，並將資料模式化及系統化以為應用。

以採用集團栽培而言，臺灣地區農場規模至多在幾十公頃範圍內，以光譜遙測管理農作物之空間變異較合適。通常係利用紫外光至熱紅外光波段之光輻射來鑑別農作物之生長狀況(態)，例如葉綠素含量的高低可由植被反射光譜中的藍光及紅光波段的高吸收和綠光的高反射共同區分，而老化的葉片因葉綠素的崩解在黃綠光、紅光、近紅外光及中紅外光波段均將反射高於正常葉片(Guyot, 1990)；缺氮則增強可見光的反射而降低近紅外光的反射(Thomas and Oerther, 1972; Blackmer et al., 1996)；葉片水分含量在中紅外光波段(1300-2500 nm)由於1450、1950 及 2500 nm 波長之高吸收而呈現兩個反射高峰，缺水時將因膨壓下降而反射增加(Thomas et al., 1971)。吾人可由光譜遙測結果比對資料庫做出判斷與因應決策，若能加上現場觀測與取樣的佐助，更能精準管理各定點變異。

## 二、土壤特性與變異管理

影響農作物生產之土壤特性可簡分成物理性與化學性兩類，前者如土壤水分、土壤孔隙度、土壤質地(粘土、坋土及砂土比例)等，後者如土壤營養元素含量、有機質含量、酸鹼值等。傳統上是利用土壤取樣再進行物理或化學分析，所以調查土壤特性相當耗時費力，花費成本亦高，通常農民無法負擔昂貴的精密土壤分析。

因此適當的土壤取樣技術為精準農業土壤變異管理的第一步，使用的方法如混合取樣法(composite sampling)、基標取樣法(benchmark sampling)、方格化取樣法(grid sampling)、及地景導向取樣法(landscape directed sampling)等，皆是仰賴人工或機械方式採取土壤樣本進行土壤分析，再利用地理統計技術(geostatistics technique)或地理資訊系統(geographic information system, GIS)觀察與解析土壤肥力變異情形，進而探討影響產量的重要土壤因子，合理解釋土壤效應或擬定土壤變異管理策略，達到維持良好作物生長及環境品質的目的(McBratney and Pringle, 1999; Wendroth et al., 1999; 林等，2000)。舉例言之，農田土壤生產潛力之空間分佈圖及土壤之農作物可利用營養元素之空間分佈圖，可利用於各定點施用特定量之肥料與有機質來調節土壤肥力，而預知產量及分佈。如此先瞭解農田之肥力空間分佈再追蹤肥力之時空變異，非但可以最佳化該農田之經濟效益，並可將土壤營養元素流失及過量施肥之可能性降至最低。使用者應視狀況選用及彈性調整土壤取樣法，以符合當地特殊條件，並降低土壤變異監測成本。

其次配合遙測方法，則可大大減低土壤取樣分析所需耗費之龐大經費，且以即時之現場資訊供作第一手處理，如電磁波遙測技術可利用於土層、質地及電導度之偵測，而光譜遙測技術則可檢測土壤有機質與氮素含量。

## 肆、結語

精準農業在臺灣仍處於啟蒙階段，如何善用結合資訊科技及遙測科技之精準農業，以立足於二十一世紀，是臺灣農業必須思考與面對的課題。事實上唯有以前瞻性的眼光毅然決然走在主流的精準農業趨勢中，才能順勢掌握轉型升級的契機開創出農業的第二春，擔當維繫民眾穩定糧食供應的重責大任。

**（因期刊篇幅有限，本文僅節錄刊載重點，如欲參考全文詳細資料，請至網頁** http://www.asic.gov.tw/download/index.html/ **下載。）**